

**ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE SENSORES REMOTOS DE
COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL PERIODO DE TIEMPO 1999 -
2011 EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO, BOLÍVAR.**



Autor:

Ing. Alexandra Ramirez Zapata

Director:

Ing. Camilo Leon

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA DIRECCIÓN DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
PROYECTO DE GRADO
Bogotá D.C. Junio de 2015**

ANÁLISIS MULTITEMPORAL MEDIANTE SENSORES REMOTOS DE COBERTURA DE LA TIERRA PARA EL PERIODO DE TIEMPO 1999 - 2011 EN EL MUNICIPIO DE SAN JACINTO, BOLÍVAR.

ANALYSIS OF MULTI- COVERAGE BY REMOTE SENSING OF THE EARTH FOR THE PERIOD OF TIME 1999 - 2011 IN THE MUNICIPALITY OF SAN JACINTO, BOLÍVAR.

Alexandra Ramírez Zapata
Ingeniera Catastral y Geodesta, Control de Calidad Cartográfico.
IGAC, Bogotá, Colombia,
Ramirezzapata.alexandra@gmail.com

RESUMEN

Este trabajo, permite hacer un análisis e identificación de las coberturas en el Municipio de San Jacinto en el Departamento de Bolívar. En el que a partir de imágenes satelitales (Rapideye y Spot) del año 1999 y 2011, se identificaron cambios en las coberturas terrestres entre estas dos épocas a una escala 1: 25 mil. Con un proceso de clasificación supervisada de coberturas y el análisis de las mismas, reflejando una principal expansión de las Tierras agrícolas.

Por el desarrollo económico que ha tenido este municipio, se pudo evidenciar que la Actividad agrícola presento un crecimiento considerable, contrario a los territorios artificializados, los cuales presentaron una pequeña Perdida sin presentar crecimiento de esta.

ABSTRACT

This work enables an analysis and identification of hedging in the municipality of San Jacinto in the department of Bolivar. Where from satellite images (Rapideye and Spot) in 1999 and 2011, changes were identified in land cover between these two periods at a scale 1: 25 000. With supervised classification process coverage and analysis of the same, reflecting a major expansion of agricultural land.

On the economic development that has taken this town, it was evident that agricultural activity showed considerable growth, contrary to the artificialized territories, which showed a small loss without presenting growth of this.

INTRODUCCION

El uso de la teledetección o percepción remota, es una herramienta para la observación remota de la superficie donde a través del análisis de patrones de cobertura y uso apoyado de los sistemas de información geográfica (SIG) (GUERRA

CEREZO 2006), permiten tener una fuente de información importante, con ventajas en relación con costos de los insumos y menor tiempo de preparación de los mismos.

En relación con la clasificación de coberturas vegetales obtenidas a través de imágenes de sensores remotos, estas son una excelente base para el cálculo de medidas de paisaje y patrones de cambio, las cuales proporcionan resultados visuales relacionados con el uso específico y condición del suelo, ajustado a la escala de trabajo y objetivos del análisis (BRAVO CASTRO y RUILOVA ROJAS 2008).

En este trabajo se emplean productos de sensores remotos, para la elaboración de mapas de cobertura del suelo para dos temporalidades, empleando un esquema de interpretación visual, incorporando la información a un sistema de información geográfica obteniendo resultados sobre las principales tendencias que a través del tiempo se dieron en el municipio de San Jacinto en el departamento de Bolívar.

FORMULACION DEL PROBLEMA

El análisis multitemporal como se le conoce al análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y que permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas (CHUVIECO 1990), involucra varias actividades dentro de las que se encuentran la adquisición de los insumos (imágenes), la preparación de las imágenes, la clasificación de las coberturas presentes y finalmente la determinación de cambios con ayuda en algunos casos de trabajo de campo dando soporte a la clasificación o como indicador de la precisión de los resultados. En la actualidad varios estudios como los realizados por Fonseca y Gómez, Avendaño y Espinosa; muestran que cada una de estas actividades se hace para las imágenes por separado: individualmente las imágenes son corregidas, clasificadas y la determinación de cambios se efectúa entre pares de imágenes, lo que evidencia una posibilidad de mejora en cuanto a la repetición de los procedimientos sobre todo cuando se maneja un volumen de imágenes superior a dos.

La estimación de cambios entre un par de imágenes brinda información útil para poder determinar los cambios que ha sufrido una región y observar la evolución de los cambios teniendo en cuenta diferentes momentos del tiempo para hacer por ejemplo proyecciones sobre el territorio (FONSECA y GOMEZ 2013). En casos como el anterior el tratamiento y análisis de las imágenes podría optimizarse si se logran automatizar los procesos para así poder obtener de forma más rápida un informe basado en los resultados obtenidos de las imágenes.

ESTADO DEL ARTE

Para Nuestro trabajo encontramos que sean elaborados diferentes tipos de Análisis Multitemporales de diferentes partes del mundo, como lo son los siguientes casos:

Análisis multitemporal de forma masiva y semiautomatizada de la cobertura terrestre mediante la comparación de patrones espectrales usando postgis: caso de estudio

sabana de Bogotá (AVENDAÑO PEREZ Y ESPINOSA TORRES 2012); en este caso la comparación de las coberturas se realiza por el valor asignado al pixel para determinar los cambios obtenidos en la cobertura del lugar.

Análisis multitemporal mediante imágenes Landsat caso de estudio: cambio de área de ladera de la ciénaga de Tumaradó parque natural los Katíos (FONSECA y GÓMEZ 2013), para este caso se realizó una clasificación no supervisada. Ya que los resultados de esta clasificación de imágenes de satélite permite delimitar áreas y coberturas para hacer una interpretación, basándose en la manipulación numérica del valor de los pixeles para poder interpretar y clasificar los números digitales y convertirlos a un lenguaje que pueda manipular y trabajar en diferentes realce de la información del área de interés.

Con estos dos casos podemos observar que se realizan análisis multitemporales de Imágenes satelitales con diferentes metodologías, para nuestro caso de estudio utilizaremos la metodología del análisis multitemporal aplicado en la Sabana de Bogotá, en la validación del cambio de la cobertura haciendo uso del valor del pixel asignado en cada una de las coberturas de las imágenes.

OBJETIVOS

General

Elaborar el análisis multitemporal de cambio de cobertura de la tierra, a escala 1:25000, en el municipio de San Jacinto en el departamento de Bolívar, entre los años 1999 y 2011,

Objetivos Específicos

- Realizar el Procesamiento de las Imágenes para disminuir los errores ambientales.
- Realizar la Clasificación de las Imágenes según la Leyenda Corine Land Cover.
- Comparar los resultados obtenidos Para cada una de las imágenes identificando cambios de cobertura.

DATOS

1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

La información registrada en la descripción del municipio es tomada de los Esquemas de ordenamiento territorial EOT (BOLIVAR 2004), elaborado en el año 2004.

1.1. MUNICIPIO DE SAN JACINTO

Los primeros pobladores del municipio de San Jacinto fueron aborígenes de la cultura Zenú pertenecientes al reino Finzenú que se extendió hasta los Montes de María, caracterizados por su laboriosidad e ingenio en la agricultura y las artes, especialmente, en el tejido de hamaca y derivados del algodón. No obstante, la historiografía oficial registra el 8 de agosto de 1.776 como fecha de fundación de San Jacinto por Don Antonio de La Torre y Miranda, Capitán de Infantería en aquel entonces. (Ver **Figura 1**)

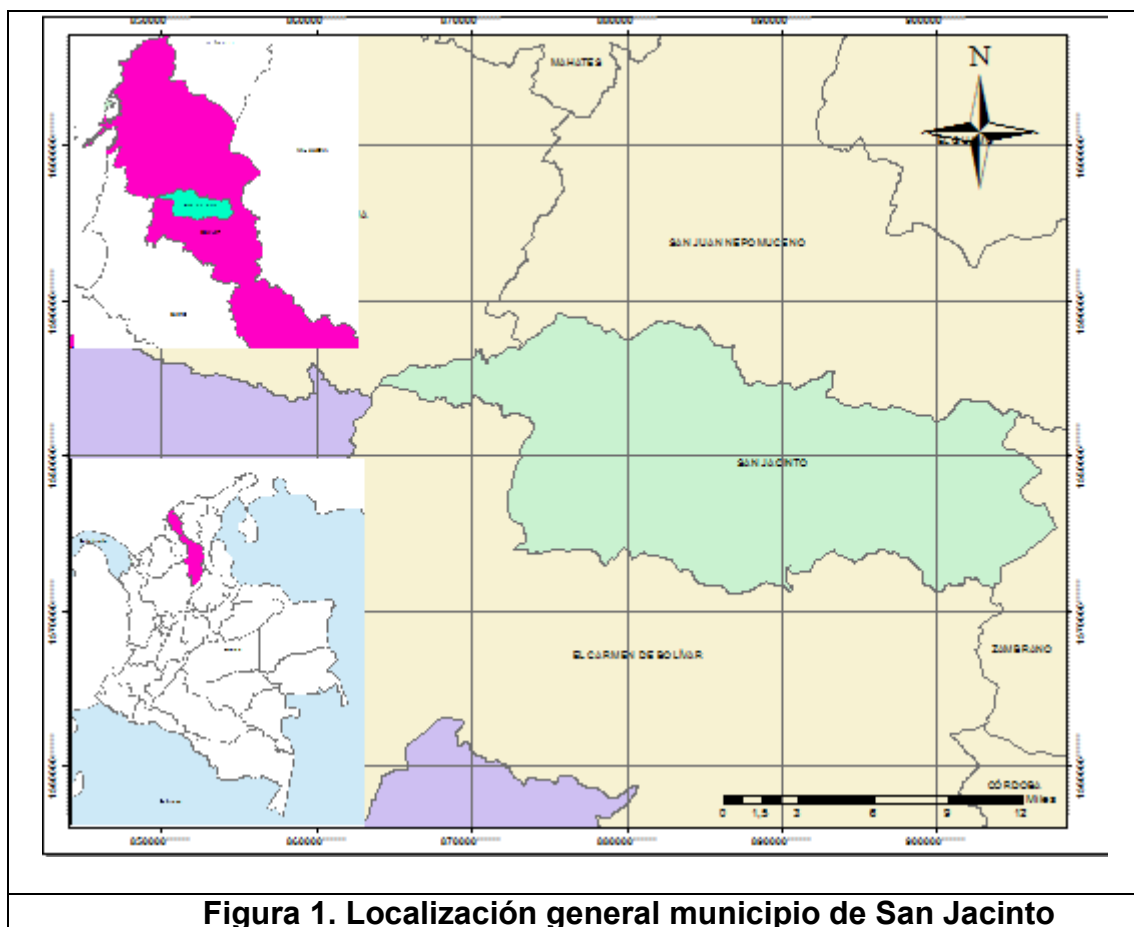


Figura 1. Localización general municipio de San Jacinto

1.1.1. Aspectos Físicos

San Jacinto pertenece a la Subregión geográfica de los Montes de María, condición que proporciona una gran variedad de paisajes y escenarios naturales de gran riqueza ambiental y paisajística, además de poseer una red hidrográfica conformada por caños y arroyos que vierten sus aguas al río Magdalena y el Canal del Dique (BOLIVAR 2004).

1.1.2. Aspectos Bióticos

Es importante saber cuáles son las condiciones Bióticas con las que se cuenta en el Municipio de San Jacinto para poder interpretar los resultados que se obtengan de las correcciones atmosféricas que se realicen a las imágenes.

San Jacinto presenta un clima tropical influenciado por los vientos alisios que soplan durante el primer semestre del año, con lluvias regulares entre los meses de Abril, Julio, Septiembre y Noviembre. Anualmente se presentan precipitaciones que oscilan entre los 1000 y 1400 mm al año, con mayor intensidad en el segundo semestre del año San Jacinto, ocupa el segundo lugar en el departamento de los municipios con mayor cantidad anual de precipitación; la humedad relativa es de 75% (BOLIVAR 2004).

La temperatura promedio es de 27° C, condiciones climáticas típicas de las antiguas sabanas de Bolívar. En cuanto a la cobertura vegetal, el municipio de San Jacinto hace parte de la llanura del Caribe y comprende las tierras cienagosas y pantanosas

del delta del Canal del Dique y el río Magdalena y parte de la serranía de San Jacinto.

METODOS

2. LEYENDA DE COBERTURA, CORINE LAND COVER PARA COLOMBIA.

Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales, sólo por citar algunos (PARRA 2008).

La metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover adaptada para el país tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica (IDEAM 2010). La metodología aplicada considera varias etapas, que se presentan de forma general en:

- Adquisición y preparación de la información.
- Análisis y la interpretación de las coberturas.
- Verificación de campo.
- Control de calidad
- Generación de la capa temática a escala 1:100.000, según primera leyenda adaptada y con mayores niveles para la publicada por IDEAM (2010).

2.1. IMÁGENES DE SATÉLITE

Los insumos para el desarrollo de los procesos, corresponden a imágenes de satélite de tipo multiespectral de los sensores RapidEye y pancromáticas del sensor Spot 5.

RAPIDEYE:

- Especificaciones técnicas de la Constelación Rapideye (INFOSAT GEOMATICA 2015):
Información espectral: 5-bandas multiespectrales (RGB, red edge, NIR)
Resolución: 5m
Revisita: diaria (alejado del nadir) / 5,5 días(al nadir)
Ancho de observación: 77.0-km (al nadir)
Lanzamiento: Agosto de 2008
- Las bandas espectrales de los Satélites usados son (INFOSAT GEOMATICA 21015):

NOMBRE	RANGOS DE LONGITUD DE ONDA (NM)
--------	---------------------------------

Azul	440-510
Verde	520-590
Roja	630-685
Red Edge	690-730
Infrarrojo Cercano	760-850

SPOT (INFOTERRA 2015):

Productos	Pancromáticos : 2,5 m - 5 m - 10 m
	Multiespectrales : 2,5 m - 5 m - 10 m - 20 m
Bandas espectrales	P (pancromáticas); B1 (verde); B2 (rojo); B3 (infrarrojo cercano); B4 (SWIR : infrarrojo de onda corta, para SPOT 4 y 5)
Campo amplio	60 km x 60 km
Intervalo de revisita	2 a 3 días
	1 día con constelación total de satélites SPOT
Selección según necesidad	Sí, estándar o prioritaria
Archivo mundial	> 20 millones de imágenes desde 1986
Ángulo de visión	Deriva : +/- 27°
	Estereovisión hacia delante / hacia atrás con SPOT 5
Exactitud de ubicación	< 30 m (1σ) con SPOT 5
	< 350 m (1σ) con Spot 1 a 4
	Ortoproductos : < 10 m (1σ) con base de datos de referencia en 3D En otras circunstancias, depende de la calidad de los puntos de control terrestre y MDE
Niveles de preprocesamiento	1A, 1B, 2A, 2B, Ortho

2.2. PROCESAMIENTO DIGITAL

2.2.1. Corrección Atmosférica

La corrección del efecto de la atmosfera en los procesos de procesamiento digital, se utiliza para compensar efecto, estimando la reflectancia de superficie a través del método de corrección atmosférica, el cual parte de una ecuación estándar de radiancia espectral en un píxel del sensor, L , que se aplica a un rango de longitud de onda solar (emisión termal no aprovechada) y plano, materiales lambertianos o sus equivalentes (CHUVIECO 1990), la ecuación es la siguiente:

$$L = \left(\frac{A\rho}{1 - \rho_e S} \right) + \left(\frac{B\rho_e}{1 - \rho_e S} \right) + L_a$$

Dónde:

ρ : Es la reflectancia de la superficie

ρ_e : Es un valor medio de la reflectancia de superficie para el píxel y la región circundante.

S : Es el albedo esférico de la atmósfera

La: Es la radiancia retornada dispersada por la atmósfera

A y B son coeficientes que dependen de las condiciones atmosféricas y geométricas, pero no en la superficie. Cada una de estas variables depende del canal espectral, el índice de longitud de onda se ha omitido por simplicidad. El primer término en la ecuación, corresponde a la radiación que se refleja desde la superficie y se desplaza directamente hacia el sensor, mientras que el segundo término corresponde a la luminosidad de la superficie que se encuentra dispersa por la atmósfera hacia el sensor. La distinción entre ρ y ρ_e cuenta por el efecto de adyacencia (mezcla espacial de esplendor entre los píxeles adyacentes), causada por la dispersión atmosférica.

2.2.2. Mejoramientos de Contraste

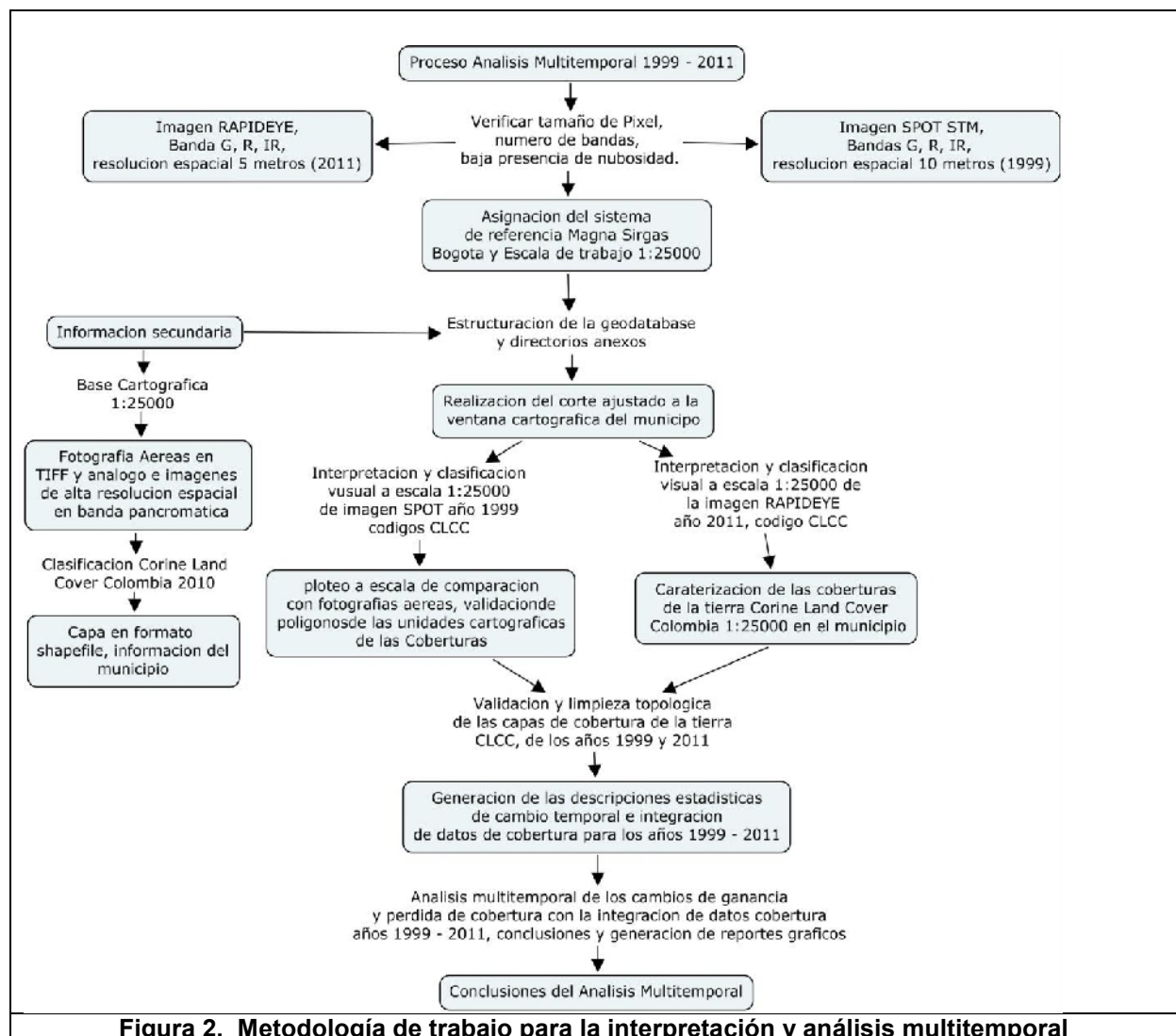
Se habla de compresión del contraste cuando el rango de Nivel digital (ND) del sensor supera al número de niveles de grises (NV) que pueden visualizarse en pantalla, por tanto, es preciso comprimir los ND originales, ajustando el rango de la imagen al permitido por el terminal gráfico (Parra, 2008)..

La expansión del contraste, consiste en que, dado un rango de valores de grises (NDmax - NDmin) menor que el rango disponible por nuestro dispositivo de visualización (NVmax - NVmin), estando perdiendo contraste (entendido este como relación entre los valores máximo y mínimo de una imagen). Visualmente es claro el efecto, al observar que no existe mucha diferencia entre los tonos más claros y más oscuros. Mediante distintas operaciones matemáticas se puede transformar esos valores de grises en otros con un rango mayor que se adapte plenamente a la capacidad del dispositivo de visualización. (Parra, 2008).

3. METODOLOGÍA

El esquema de trabajo del análisis multitemporal se presenta en la Figura 2 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde se parte de un eje estructural, contemplando elementos como el sistema de clasificación de cobertura (Leyenda), la Unidad Mínima de Mapeo, área de trabajo, validación de patrones y control de calidad, para finalmente realizar el análisis de cambio.

Los insumos disponibles para las dos fechas objeto de interpretación, corresponden a seis escenas del programa RapidEye para 2011 y tres escenas para la temporalidad 1999.



Dentro de las características requeridas para el manejo del proyecto se encuentran:

- Cubrimiento de la totalidad del municipio.
- La identificación de coberturas a escala 1:25.000, es decir, que permita la separabilidad a partir de la respuesta espectral y patrones definidos para la interpretación.
- Resolución espectral suficiente para una adecuada combinación de bandas en falso color (RGB) 543, correspondiente al Infrarrojo Cercano, Rojo límite y Verde, para las imágenes RapidEye y en tono de grises para la imagen Spot dentro del espectro pancromático (MUÑOZ Y PEREZ 2006).

3.1. LEYENDA NACIONAL DE COBERTURA ADAPTADA PARA COLOMBIA

Para la definición de las unidades de cobertura se apoyó de la leyenda CORINE Land Cover (IDEAM 2010), codificando la primera versión de la interpretación y haciendo la validación de patrones de cobertura en campo de forma más fácil y sistemática para su verificación, a escala 1:25000.

El proceso posterior incorporo el control de calidad, donde con fotografías aéreas y registro fotográfico de la zona se completó el proceso de codificación en cada unidad.

3.2. PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES

Todo procesamiento realizado sobre las imágenes de satélite tiene por objetivo, mejorar algunas de las características visuales que por efecto de la atmosfera o agrupamiento de los tonos en la información de la imagen, generaba perdidas en la apariencia visual de las unidades de cobertura.

3.2.1. Corrección atmosférica

Para La información relacionada con el cálculo de las reflectividades y disminución del efecto de los aerosoles en la atmósfera podemos visualizar como ejemplo el resultado obtenido en las imágenes Rapideye del año 2011 el cual se encuentra en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Resumen de resultados y datos por escena en la corrección atmosférica

Resumen corrección atmosférica imágenes de satélite		
Escena RAPIDEYE	Cantidad Promedio de Agua (cm)	Elevación promedio (Km)
2011-03-23T163121_RE3_3A-NAC_6799475_114840	3,7135	0,222
2011-02-22T162250_RE3_3A-NAC_6799578_114840	3,9081	0,112
2011-01-14T162636_RE2_3A-NAC_6799575_114840	3,6124	0,281
2011-02-04T162430_RE4_3A-NAC_6799570_114840	3,9992	0,062
2011-01-30T161940_RE4_3A-NAC_6799577_114840	3,9864	0,069
Altitud del sensor (Km)	630	
Tamaño de pixel (m)	5	
Modelo atmosférico	Tropical	
Modelo de aerosol	Rural	
Multiplicador de columna de agua	1	
Visibilidad inicial (Km)	40	

Para las escenas se observa que la cantidad promedio de vapor de agua, es de 3,843 centímetros, es decir el efecto de la costa sobre las imágenes es representativo y el procedimiento permite resaltar la respuesta de la vegetación en la información capturada por el sensor en las imágenes empleadas como insumo para este proyecto.

3.2.2. Mejoramiento de contraste

Para las imágenes se realizó un mejoramiento a nivel de contraste para lo cual se debió manipular la información del histograma de la imagen, para obtener la mejor respuesta y bajar la saturación en las combinaciones de trabajo.

3.2.3. Proceso De Interpretación

La interpretación para el año 2011, se realizó mediante digitalización en pantalla, para lo cual se definirán patrones por las unidades más representativas para luego detallar con unidades más específicas, todo apoyado de fotografías aéreas, e imágenes disponibles de Google Earth, además de apoyar en varios de los casos, la digitalización de imágenes interpretadas en formato análogo, para agilizar la interpretación de zonas complejas y de heterogeneidad de cobertura.

En la interpretación del año 2009, se realizó una clasificación supervisada, basados los puntos previos de clasificación de coberturas obtenidos en la clasificación no supervisada y con ayuda de unos puntos que fueron clasificados en base a fotografías aéreas de la misma época; esto se realizó con el fin de poder tener un apoyo más confiable para poder determinar las unidades más representativas y que estas fueran más específicas con el producto esperado.

3.3. ANÁLISIS DE CAMBIO

Para determinar cambio por unidad de cobertura, se empleó un concepto de tabulación cruzada, procesando la información con IDRISI Selva (Clark Labs 2012); Las transiciones sistemáticas entre clases parte del cálculo de una matriz de tabulación cruzada, obteniendo la cartografía de la distribución espacial de las transiciones, elaborados con el modelador de cambios de la tierra de IDRISI (Clark Labs 2012).

3.4. CONTROL DE CALIDAD

El proceso de control de calidad se realizó sobre las planchas interpretadas en formato análogo, donde se encuentre la delineación de las coberturas y los códigos de identificación respectivos, adelantando sobre este material, correcciones de unidades, recodificación y ajustes necesarios, apoyados de fotografías aéreas y la información de campo, permitiendo la entrega de un producto revisado, de excelente entrega y representación.

4. RESULTADOS

4.1. MUNICIPIO DE SAN JACINTO

4.1.1. Unidades de cobertura vegetal municipio de San Jacinto

(1.) TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS

Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

(2.) TERRITORIOS AGRÍCOLAS

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

(3.) Bosques y áreas seminaturales

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

(4.) ÁREAS HÚMEDAS

Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados al interior del continente.

(5.) SUPERFICIES DE AGUA

Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente.

En resumen se presentan las unidades que contienen los mapas para los periodos 1999 – 2011 (Ver **Tabla , Figura y Tabla 3, Figura**).

Tabla 2. Resumen de unidades de cobertura de la tierra año 1999

COBERTURA GENERAL SAN JACINTO BOLIVAR 1999			
COBERTURA GENERAL			
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1	553,33	1,26
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2	22261,43	50,50
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	3	20728,30	47,02
4. AREAS HUMEDAS	4	60,88	0,14
5. SUPERFICIES DE AGUA	5	475,75	1,08
TOTAL		44079,69	100,00

Tabla 3. Resumen de unidades de cobertura de la tierra año 2011

COBERTURA GENERAL SAN JACINTO BOLIVAR 2011			
COBERTURA GENERAL			
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	1	550,77	1,25
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2	21399,50	48,55
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	3	21591,38	48,98
4. AREAS HUMEDAS	4	60,88	0,14
5. SUPERFICIES DE AGUA	5	477,16	1,08
TOTAL		44079,69	100,00

4.1.2. Áreas de cambio municipio de municipio de San Jacinto

Las unidades de cobertura de la tierra estimadas se presentan en la **Tabla** .

Tabla 4. Resumen de áreas por tipo de cobertura

Áreas de cobertura y uso del suelo				
Categoría	Área 1999 (Ha)	%	Área 2011 (Ha)	%
1. Territorios Artificializados	553,33	1,26	550,77	1,25
2. Territorios Agrícolas	22261,43	50,50	21399,50	48,55
3. Bosques Y Áreas Seminaturales	20728,30	47,02	21591,38	48,98
4. Áreas Húmedas	60,88	0,14	60,88	0,14
5. Superficies De Agua	475,75	1,08	477,16	1,08
Total	44079,69	100	44079,69	100

En el municipio de San Jacinto, se evidencio que la cobertura que más se presenta en la zona son los territorios Agrícolas seguidos de los bosques y Áreas Seminaturales para los años de 1999- 2011 como lo podemos evidenciar en la **Figura** .

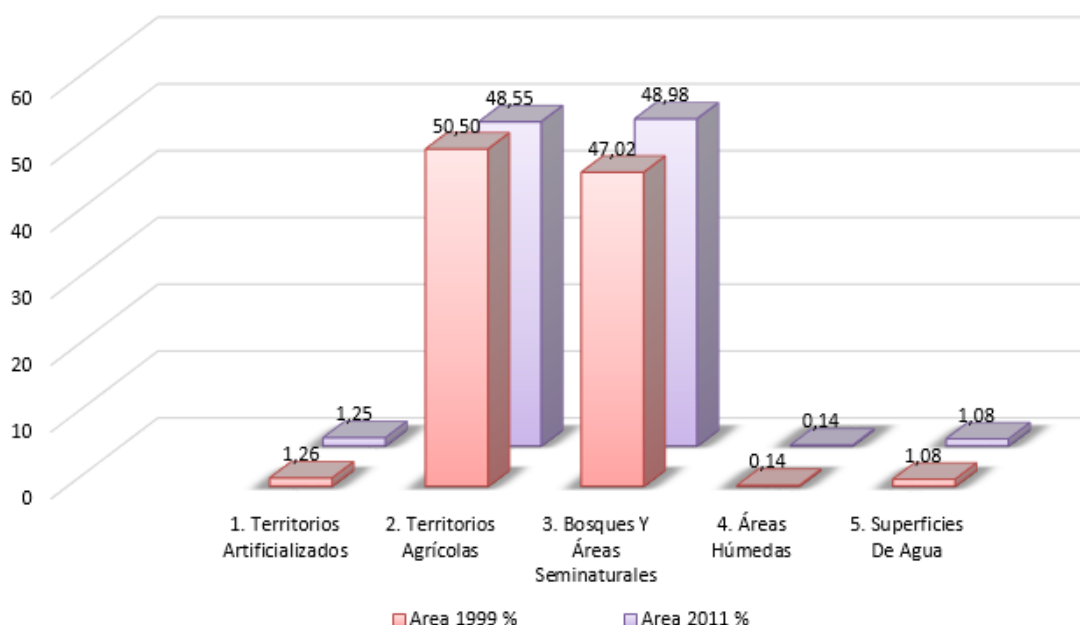


Figura 5. Distribución de Las coberturas en el Municipio de San Jacinto - Bolívar

4.1.3. Análisis de cambio de cobertura municipio de San Onofre

Para el análisis del periodo se presentan los resultados de 11 transiciones, presentadas en la **Tabla** , los cuales corresponden a cambios con superficie entre 1,24 hectáreas y un máximo encontrado de 18547,35 hectáreas.

Tabla 5. Resumen de los cambios encontrados para el periodo en análisis

Categoría de cambio	Área (Ha)	Cambio de uso específico	
		Inicio del periodo	Final del Periodo
		Uso específico 1999	Uso específico 2011
1	550,38	1. Territorios Artificializados	1. Territorios Artificializados
2	2,95	1. Territorios Artificializados	2. Territorios Agrícolas
3	18547,35	2. Territorios Agrícolas	2. Territorios Agrícolas
4	3710,49	2. Territorios Agrícolas	3. Bosques Y Áreas Seminaturales
5	3,6	2. Territorios Agrícolas	5. Superficies De Agua
6	2845,96	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	2. Territorios Agrícolas
7	17880,72	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	3. Bosques Y Áreas Seminaturales
8	1,24	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	5. Superficies De Agua
9	60,88	4. Áreas Húmedas	4. Áreas Húmedas
10	3,25	5. Superficies De Agua	2. Territorios Agrícolas
11	472,32	5. Superficies De Agua	5. Superficies De Agua

Analizando el cambio registrado para el periodo 1999 – 2011, se encontraron 4 coberturas con cambios para ser representados, ordenando los principales valores en perdida (área original que paso a otra unidad), Ganancia (área de transición entre coberturas) y finalmente la persistencia (área que no sufre cambios durante el periodo). (

Tabla 2 y Figura).

Tabla 2. Resumen de las unidades con cambio para el periodo 1999-2011

Cobertura	Área 1999 (Has)	Área 2011 (Has)	Perdida (Has)	Persistencia (Has)	Ganancia (Has)
1. Territorios Artificializados	553,33	550,77	-2,95	550,38	0
2. Territorios Agrícolas	22261,43	21399,50	-3714,09	18547,35	2852,16
3. Bosques Y Áreas Seminaturales	20728,30	21591,38	-2845,96	17880,72	3710,49
5. Superficies De Agua	475,75	477,16	-3,25	472,32	4,84

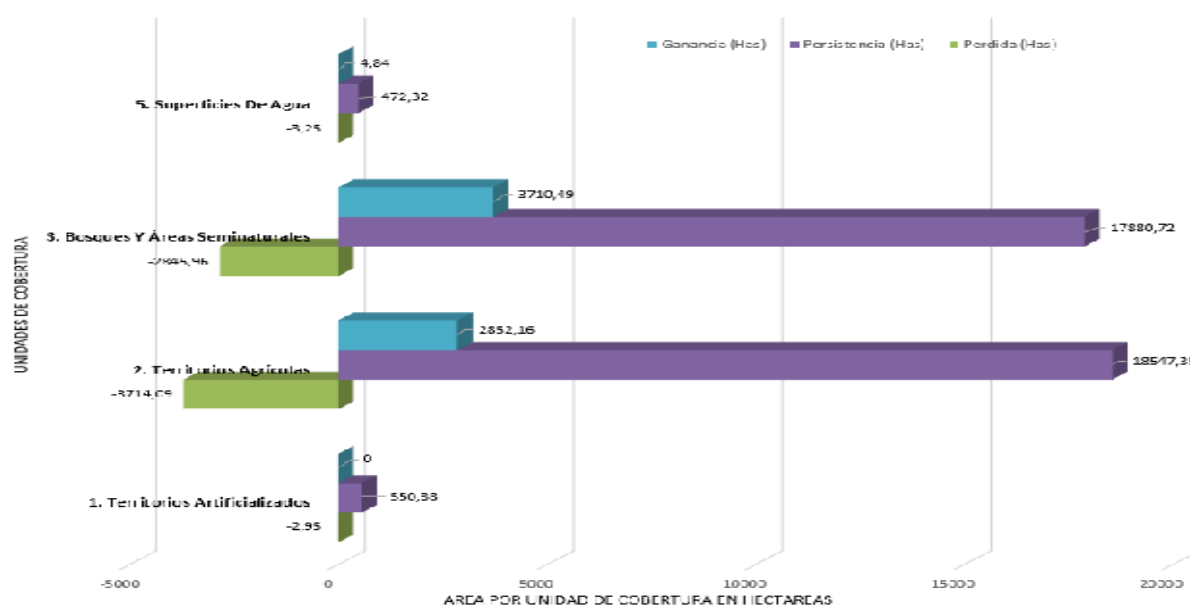


Figura 6. Cambio neto, representando la perdida y ganancia para el periodo 1999 – 2011

EL Principal Cambio se evidencia en la Cobertura de Territorios Agrícolas la cual contaba con una área de 22261,43 Ha para el año de 1999 y para el año 2011 contaba con un área de 21399,50 Ha; los cuales se dieron con una Persistencia de 18547,35 Ha, una pérdida de -3714,09 Ha encontrado una diferencia importante en relación con la ganancia, es decir es mayor la pérdida en el periodo en análisis y una Ganancia de 2852,16 Ha. (**Figura**).

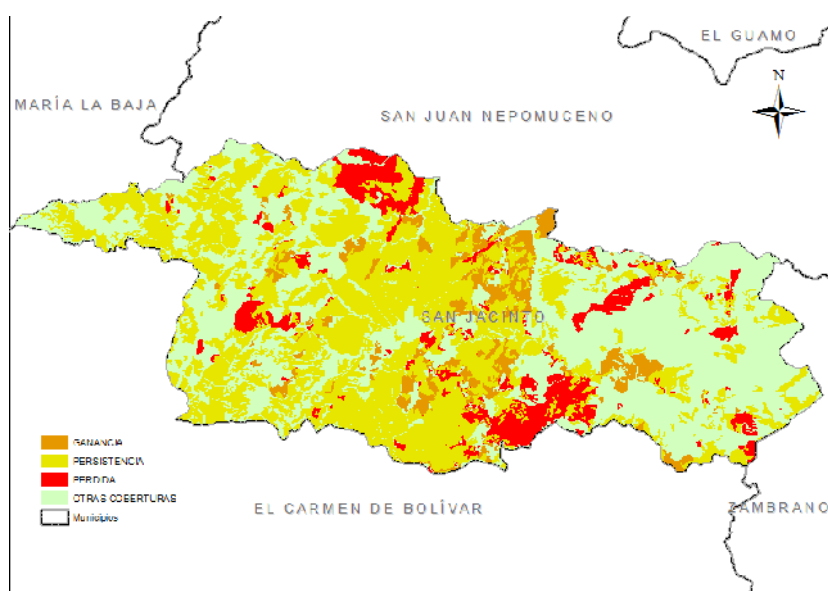


Figura 7. Cambio de cobertura Territorios Agrícolas

En segundo orden de Cambio se encuentra en la Cobertura de Bosques y áreas seminaturales la cual contaba con una área de 20728,30 Ha para el año de 1999 y para el año 2011 contaba con un área de 21591,38 Ha; los cuales se dieron con una Persistencia de 17880,72 Ha, una pérdida de -2845,96 y una Ganancia de 3710,49 Ha

dándole a esta una de las coberturas que presento mayor ganancia de área obtuvo en el tiempo del Estudio (**Figura 8**).

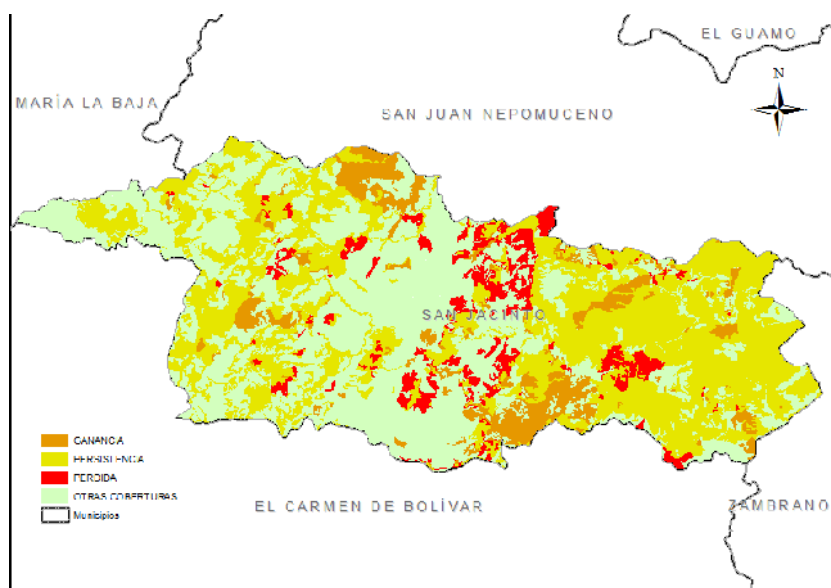


Figura 8. Cambio de cobertura Bosques Y Áreas Seminaturales

4.1.4. Discusión municipio de San Jacinto

El municipio de San Jacinto sufre un cambio neto del 29.56 % de su área, donde las principales transiciones se encuentran en relación con los Bosques Y Áreas Seminaturales, es decir se evidencio que estos presentaron un cambio de 2845,96 Ha, las cuales en la transición se encuentran en los Territorios agrícolas.

La pérdida de los Bosques Y Áreas Seminaturales, se da principalmente porque en muchos de los casos se emplea la quema para abrir zonas donde se procede con la siembra para dar lugar a Territorios Agrícolas.

Categoría de cambio	Área (Ha)	Cambio de uso específico	
		Inicio del periodo	Final del Periodo
		Uso específico 1999	Uso específico 2011
1	550,38	1. Territorios Artificializados	1. Territorios Artificializados
2	2,95	1. Territorios Artificializados	2. Territorios Agrícolas
3	18547,35	2. Territorios Agrícolas	2. Territorios Agrícolas
4	3710,49	2. Territorios Agrícolas	3. Bosques Y Áreas Seminaturales
5	3,6	2. Territorios Agrícolas	5. Superficies De Agua
6	2845,96	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	2. Territorios Agrícolas
7	17880,72	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	3. Bosques Y Áreas Seminaturales
8	1,24	3. Bosques Y Áreas Seminaturales	5. Superficies De Agua
9	60,88	4. Áreas Húmedas	4. Áreas Húmedas
10	3,25	5. Superficies De Agua	2. Territorios Agrícolas
11	472,32	5. Superficies De Agua	5. Superficies De Agua

Los territorios artificializados, en general no muestran mayores diferencias en su cobertura, permitiéndonos evidenciar que en vez de presentarse un crecimiento en la parte urbana del municipio, se presentó una pérdida de área de 2,95 Ha, mostrando que aunque la pérdida es mínima el crecimiento de la población y asentamiento urbano no se evidencia en la zona.

5. RECOMENDACIONES

En el caso de los productos de sensores remotos, las imágenes RapidEye para la resolución espacial (5m), permiten un adecuado reconocimiento de las unidades cuando hablamos de coberturas de la tierra, si se deseara emplear estas para un estudio más detallado, se deben realizar varios mejoramientos digitales para perfeccionar el ambiente visual de interpretación, ya que con las correcciones atmosféricas y de visualización realizadas no se podría llegar a un punto mas avanzado.

Para la temporalidad 1999 se emplearon imágenes pancromáticas Spot, haciendo limitada en algunos sectores identificación de las unidades de cobertura, por lo tanto también se recomienda la adquisición de imágenes multiespectrales para desarrolla este tipo de trabajos, como lo son las imágenes del programa Spot 5 en adelante de tipo multiespectral, las cuales tienen como adicional, un infrarrojo medio de onda corta (SWIR), además de ser un insumo con mayor calidad para la interpretación visual de cobertura de la tierra a escala 1:25000, además que el objetivo del sensor fue el área ambiental considerando entonces un buen insumo.

REFERENCIAS

AVENDAÑO PEREZ Julián Ricardo, ESPINOSA TORRES Jorge Alfonso. 2012. *Análisis Multitemporal De Forma Masiva Y Semiautomatizada De La Cobertura Terrestre Mediante La Comparación De Patrones Espectrales Usando Postgis: Caso De Estudio Sabana De Bogotá.* Ingeniería Catastral y Geodesia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá (Colombia).

BOLIVAR, San Jacinto. *Esquema de Ordenamiento Territorial.* Acuerdo 019 de 29 de Diciembre de 2004. San Jacinto, Bolívar (Colombia): Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004 [En Línea] http://www.sanjacinto-bolivar.gov.co/apc-aa-files/61363166653962376463666132313664/EOT_SAN_JACINTO_FINAL.doc

BRAVO CASTRO Roberth Paúl, RUILOVA ROJAS María Esther. *Árboles de clasificación (Inteligencia Artificial Avanzada).* Universidad Técnica Particular de Loja. 2008 [En Línea] <http://www.slideshare.net/techi322/algoritmos-de-clasificación>.

CHUVIECO SALINERO, Emilio. *Fundamentos de la Teledetección Espacial.* Edición Ilustrada. Barcelona (España): Editorial Rialp, 1990 (ISBN: 978-84-321- 2680-2).

CLARK LABS, Clark University. 2012. IDRISI SELVA. Acceso 20 de Marzo de 2015, [En Línea] www.clarklabs.org

FONSECA John Jairo, GÓMEZ Silvia María. 2013. *Análisis Multitemporal Mediante Imágenes Landsat Caso De Estudio: Cambio De Área Laderas De La Ciénaga De Tumaradó Parque Natural Los Katíos.* Especialización en Geomática, Universidad Militar Nueva Granda. Bogotá (Colombia). [En Línea] <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/9268/1/FonsecaJohnJairo2013.pdf>

GUERRA CEREZO, Eslid Ana. 2006. *Análisis Multitemporal de la cobertura y uso de la tierra a través del sistema LCCS en la cuenca baja del Río Grande-Santa Cruz.* Cochabamba, Bolivia. [En Línea] [http://museonoelkempff.org/sitio/Informacion/tesis/Tesis_LCCS\(1\).pdf](http://museonoelkempff.org/sitio/Informacion/tesis/Tesis_LCCS(1).pdf)

IDEAM, 2010. *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p.

INFOSAT GEOMATICA. 2015. Buenos Aires. (ARGENTINA). Acceso: 25 de Marzo de 2015. [En Línea]. <http://infosatgeomatica.com/wordpress/rapid-eye/>

INFOTERRA. 2015. España. Acceso: 25 de Marzo de 2015. [En Línea]. <http://www.infoterra.es/datos-satelite-spot>

MUÑOZ NIETO, Ángel y PEREZ GUTIERREZ, Carlos. Edición: 2006. *Teledetección Nociones y Aplicaciones.* Universidad de Salamanca. Salamanca, España.

MUÑOZ Diego, RODRIGUEZ Mike, ROMERO Mario. 2011. *Análisis Multitemporal De Cambios De Uso Del Suelo Y Coberturas, En La Microcuenca Las Minas, Corregimiento De La Laguna, Municipio De Pasto, Departamento De Nariño.* Revista de Ciencias Agrícolas Vol 28. Universidad de Nariño Facultad de ciencias agrícolas. [En Línea] revistas.udenar.edu.co/index.php/rFACIA/article/download/54/62.

PARRA, A. 2008. *Curso procesamiento de imágenes de satélite (introductorio).* Edición Ilustrada. Instituto de fotogrametría, facultad de ingeniería, Universidad de Los Andes. Mérida (Venezuela). Edición: 2008.

SALAVARRIETA, Hilda y PEREZ GOMEZ Uriel. *Análisis Multitemporal De La Cobertura Y Uso De La Tierra Con Apoyo De Los Sensores Remotos.* Tema presentado en el VIII Simposio Latinoamericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial. 2 al 7 de noviembre de 1997, Mérida, Venezuela. [En Línea] http://desarrollo.ut.edu.co/tolima/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_6010.pdf.